

GAZİ

JOURNAL OF ENGINEERING SCIENCES

Smart City Analysis with ANP and PROMETHEE Methods: A Case in Ankara

Senanur Yaşar^a, Zümra Poyraz^b, Rabia Yumuşak^c, Tamer Eren^{*d}

Submitted: 16.06.2021 Revised: 25.01.2022 Accepted: 07.03.2022 doi:10.30855/gmbd.2022.01.02

ABSTRACT

Keywords: Smart city, MCDM, ANP, PROMETHEE, Ankara

^a Kırıkkale University,
Faculty of Engineering and
Architecture,
Dept. of Industrial Engineering
71450 - Kırıkkale, Türkiye
Orcid: 0000-0001-8773-4063

^b Kırıkkale University,
Faculty of Engineering and
Architecture,
Dept. of Industrial Engineering
71450 - Kırıkkale, Türkiye
Orcid: 0000-0002-4742-2134

^c Kırıkkale University,
Faculty of Engineering and
Architecture,
Dept. of Industrial Engineering
71450 - Kırıkkale, Türkiye
Orcid: 0000-0002-0257-939X

^d Kırıkkale University,
Faculty of Engineering and
Architecture,
Dept. of Industrial Engineering
71450 - Kırıkkale, Türkiye
Orcid: 0000-0001-5282-3138

*Corresponding author:
tamereren@gmail.com

Anahtar Kelimeler: Akıllı şehir,
ÇKKV, ANP, PROMETHEE,
Ankara

Smart cities, with elements created using technology, enable citizens to improve their living standards and create sustainable settlements. Sustainability of the main system within the city is aimed by increasing the performance of sub-systems such as energy, communication, transportation, health, education and public services. It directly serves the purposes of using the resources efficiently by transforming the settlements into smart city system, keeping the environmental damage to a minimum by optimizing recycling practices and maximizing the level of social welfare. In this context, in this study, the city of Ankara, which maintains its importance as the capital city, has been evaluated in terms of smart city applications. In the application, 7 districts were handled and their transformation into a smart city system was investigated. Considering the multi-criteria nature of the problem, the Analytical Network Process (ANP) and PROMETHEE method, which are among the Multi-Criteria Decision Making (MCDM) methods, are integrated in the proposed model. However, this study contributes to the literature in terms of the method used in the proposed model for the problem. In addition, as a result of the study, it has been determined that Çankaya district is the most developed district in terms of smart city applications.

ANP ve PROMETHEE Yöntemleri ile Akıllı Şehir Analizi: Ankara'da Bir Uygulama

ÖZ

Akıllı şehirler, teknoloji kullanılarak oluşturulmuş unsurlarla vatandaşların hayat standartlarını daha iyi bir seviyeye çıkarmayı ve sürdürülebilir yerleşim yerleri oluşturmayı sağlamaktadır. Enerji, haberleşme, ulaştırma, sağlık, eğitim ve kamu hizmetleri gibi alt sistemlerin performansında artış sağlayarak şehir kapsamındaki ana sistemin sürdürülebilirliği amaçlanmaktadır. Yerleşim yerlerinin akıllı şehir sistemine dönüştürülmesi ile kaynakların verimli bir şekilde kullanılması, geri dönüşüm uygulamalarının optimize edilerek çevreye verilen zararı minimum seviyede tutulması ve toplumsal refah seviyesinin maksimize edilmesi amaçlarına doğrudan hizmet etmektedir. Bu kapsamda bu çalışmada başkent olması ile önemini koruyan Ankara ili akıllı şehir uygulamaları açısından değerlendirilmiştir. Yapılan uygulamada 7 ilçe ele alınmış olup ilçelerin akıllı şehir sistemine dönüşümleri araştırılmıştır. Bu çalışma ele alınan 7 ilçenin akıllı şehir sistemine dönüşüm sürecinde kılavuz niteliği taşıdığı için büyük önem arz etmektedir. Problemin çok kriterli yapısı dikkate alınarak önerilen modelde Çok Kriterli Karar Verme (ÇKKV) yöntemlerinden olan Analitik Ağ Süreci (ANP) ve PROMETHEE yöntemi entegre edilmiştir. Bununla birlikte bu çalışma probleme önerilen model kapsamında kullanılan yöntem açısından literatüre katkı sağlamaktadır. Ayrıca çalışma sonucunda Çankaya ilçesinin akıllı şehir uygulamaları açısından en gelişmiş ilçe olduğu tespit edilmiştir.

1. Giriş (Introduction)

Dünya nüfusu her geçen gün daha da artmaktadır. Artan bu nüfusun yaklaşık %55'i şehirlerde yaşamaktadır. Aynı zamanda artan nüfus ve teknoloji ile birlikte kentsel bölgelere göç git gide artmıştır. Artan bu nüfus ile birlikte kentlerdeki yerleşmeler, enerji, su, eğitim, hizmet, sağlık, altyapı ve güvenlik gibi konularda sorunlar oluşmaktadır. Bu sorunlar; plansız kentleşme, atıklar için geri dönüşüm yöntemlerinin uygulamaya alınmaması, hava ve su kirliliği, yoğun trafik ve kazalar, vatandaşlar arasında yoksulluğun artması, suç oranının artması, kaynaklara erişim sıkıntısı gibi sıralanmaktadır. Ortaya çıkan bu problemlere "akıllı" çözümler getirmek adına akıllı şehir yaklaşımı ortaya çıkmıştır. Bu akıllı şehir yaklaşımıyla birlikte kaynakların optimum şekilde kullanılması sonucunda yüksek yaşam kalitesi sağlanmaktadır [1].

Akıllı şehir kavramı, teknolojinin şehir sorunlarına çözüm getirmede kullanılmasıyla ortaya çıkmıştır. Bu durumda akıllı şehir kavramı teknolojinin varlığı sayesinde gelişmektedir. Akıllı şehirlerin ilgilendiği öncelikli konular hareketlilik, enerji, su ve gıda hizmeti, eğitim ve sağlıktır. Akıllı şehir kavramının birden fazla işlevi ve tanımı vardır. Çeşitli konular ile bilgi iletişim teknolojileri entegre edilerek hayatı kolaylaştırıp insanların refah düzeyi yüksek bir ortamda yaşaması ve gelecekte de ihtiyaçlarını etkin bir şekilde karşılanması adına şehirlerin akıllı şehir haline gelmesi gerekmektedir.

Akıllı ve sürdürülebilir şehirlerin performansını ölçmek zor bir problemdir. Özellikle son yıllarda birçok araştırmacı, kentsel akıllılık ve sürdürülebilirliğin boyutlarını değerlendirmek için göstergelere dayalı yöntemleri uygulamıştır. Ayrıca bu yöntemleri kullanarak bu boyutları bir araya getirmeye ve küresel şehirleri kıyaslamaya çalışmışlardır. Bu çalışmalar, gösterge sayısı yirmi ile seksen arasında değişen akıllı ve sürdürülebilir şehrin birçok özelliği ile farklı ağırlıklandırma yöntemleri kullanarak birçok küresel şehri karşılaştırmaya çalışmaktadır [2]. Bu çalışmada ele alınan ilçelerin akıllı ve sürdürülebilir özelliklerini analiz etmek, akıllı ve sürdürülebilir şehir planlaması sırasında yatırım yapılması ve geliştirilmesi gereken alanlar hakkında fikir vermek amacıyla hazırlanmıştır. Ayrıca ilçe veya il yöneticilerinin akıllı şehirlerin boyutlarının önceliklerini (ağırlıklarını) kullanarak birbirleriyle karşılaştırma yapmaları ve böylece kıyaslama fırsatlarını görmeleri beklenmektedir. Bununla birlikte, değerlendirilen 7 ilçenin yöneticileri, ilçelerin karşılaştırma sonuçlarından yararlanarak iyileştirilmesi gereken alanları görmeleri beklenmektedir.

Akıllı şehirlere geçişte yenilikçi bir yaklaşım gerekmektedir ve akıllı şehir kapsamında öncelikli olarak üst yönetimin sorumluluğu oldukça büyüktür. Şehirde neler eksik olduğunu, neler yapılabileceğine, hangi sorunlara nasıl çözüm bulunabileceği adına yenilikçi çalışmalar yapılmalıdır ve yapılan çalışmalar sonucu halk bilinçlendirilmeli ve yapılan çalışmanın sürdürülebilirliği sağlanmalıdır [3]. Bu sebepten dolayı bu çalışmada Türkiye'nin başkenti olan ve büyük bir nüfusa sahip olan Ankara'da akıllı kent uygulamaları analiz edilmiştir. Analiz için Altındağ, Keçiören, Yenimahalle, Mamak, Çankaya, Etimesgut, Sincan olmak üzere 7 ilçe incelenmiş olup ÇKKV yöntemlerinden ANP ve PROMETHEE kullanılmıştır. İlk olarak ilçelerin akıllı şehir seviyesini etkileyen kriterler ANP yöntemi ile ağırlıklandırılmıştır. Hesaplanan kriter ağırlıkları PROMETHEE yönteminde kullanılmıştır ve 7 ilçenin akıllılık seviyesi ölçülmüştür. Yapılan çalışma sonucunda önerilen modelde kullanılan yöntem entegrasyonu ve uygulama alanı açısından literatüre katkı sağlanmıştır.

Çalışmanın ikinci bölümünde akıllı şehir kavramı hakkında bilgiler verilmiştir. Üçüncü bölümde ise akıllı şehir konusu hakkında yapılan literatür araştırması yer almaktadır. Dördüncü bölümde kullanılan yöntemler yer almış olup ANP ve PROMETHEE yöntemi anlatılmıştır. Beşinci bölümde çalışmanın uygulama kısmına yer verilmiştir. Bu bölümde problem için gerekli alternatifler ve kriterler açıklanmış olup ANP ve PROMETHEE yöntemleriyle yapılan çözüm yer almıştır. Altıncı bölümde sonuç ve öneriler sunulmuştur.

2. Akıllı Şehir (Smart City)

Akıllı kent kavramı, giderek artan teknolojinin şehir sorunlarına çözüm sağlayacak şekilde kullanılmasıyla ortaya çıkmıştır. [4]. Yapılan akıllı kent tanımlarının her birinin konunun farklı yönlerine vurgu yaptığını ve farklı bakış açılarıyla konuyu ele aldığı görülmektedir. Ancak akıllı kent kavramı üzerine yapılan tanımların, kentler için gerekli teknolojik imkânların her geçen gün değişmesi

ve gelişmesi ile sürekli farklılaştığı unutulmamalıdır. [5]. Akıllı kent, kentsel hizmetlerin sunumunda bilgi teknolojilerinin kullanıldığı katılımcılığın teknoloji ile sağlandığı yenilikleri takip eden aktif biçimde öğrenen birey ve kurumların yer aldığı çevreci bir kenti ifade etmektedir [6].

Akıllı kent, enerji, ulaşım ve kamu hizmetleri vb. gibi konularda şehrin hizmet performansının kalitesini arttırmak, kaynak tüketimini korumak, israfı önlemek gibi birçok konularda bilgi ve iletişim teknolojilerini kullanarak oluşturulan şehre verilen isimdir. Akıllı şehir kavramındaki asıl amaç teknolojiyi kullanarak vatandaşların yaşam kalitesini arttıracak, sorunlarına kolayca çözüm bulacak ve bunların sonuçlarında daha sürdürülebilir şehir oluşturmaktır [3]. Akıllı şehirlerde birçok akıllı uygulamalar bulunmaktadır ve bu akıllı uygulamalar birçok alanda yapılmaktadır. Örneğin; Hava kalitesi, sensörler yardımıyla izlenir ve olası durumlar için önlemler alınır. Mobil uygulamalar yardımıyla birçok kamu işleri belediyelere gitmeye gerek kalmadan yapılmaktadır. Akıllı aydınlatmalar yardımıyla enerji tüketimi azaltılmakla birlikte çevreye verilen zarar minimum seviyede tutulmaktadır. Ulaşım konusunda birçok akıllı faaliyetler vardır. Bu akıllı faaliyetlerle trafik sıkışıklığı ve kazalar önlenmektedir. Emniyet ve güvenlik konusunda olası durumlara hızlı çözümler sunulmaktadır. Atık yönetimi, akıllı geri dönüşüm ile düzgün yapılmaktadır ve çöp kutularına sensörler koyarak doluluk düzeyi anlaşılabilir. Uygun fiyatlı alt yapı sağlanabilir. Sürdürülebilir ve ekolojik yönden kaynaklar etkin kullanılarak karbon ayak izi azaltılır. Akıllı durak yardımıyla hangi aracın ne kadar süre sonra geleceği gibi bilgiler vatandaş ile paylaşılır. Ücretsiz Wi-Fi alanları oluşturulabilir. Şehirlerde birçok elektrikli bisikletler bulunmaktadır ve bu bisikletlerin müsait olma durumunun bilgisine cep telefonu yardımıyla ulaşılması bu alanda yapılan çalışmalardandır. Akıllı otopark sistemleriyle birlikte sürücüler mobil uygulama ve levhalarla kolayca otopark hakkında bilgi edinebilir. Akıllı binalarda tüketilen enerji, su ve elektrik bilgisinin kontrol edilmesini sağlayan sensörler bulunmaktadır. Busensörler yardımıyla rahatlıkla kullanım bilgisine ulaşılmaktadır. Bu örnekler gibi yapılan birçok çalışma ile şehirler akıllı şehir haline gelmektedir. İnsanlar refah seviyesi yüksek olan bu şehirlerde yaşamak istemektedir. Bununla birlikte üst yönetim ve belediyeler kendi şehir ve ilçelerine akıllı şehir olma yolunda adımlar atmaktadır. Akıllı şehir olma yolunda yapılan yatırımların en etkin şekilde yönetilebilmesi için mevcut durumun iyi analiz edilmesi ve ihtiyaçların net bir şekilde tespit edilmesi gerekmektedir. Sonuç olarak akıllı şehir uygulamaları kent şehir yaşamında sürekli dönüşüm ve gelişmekte olan bir kavramdır. Bu dönüşüm ve gelişim kentlere ve insanlara birçok yönde olumlu katkı sağlayacaktır. Artan teknoloji ile birlikte de dünya çapında bir çok ülke akıllı kent kavramına hakim olacaktır. Bu hakimiyetin Türkiye’de gerçekleştirilmesi için öncelikle mevcut durumun analiz edilmesi gerekmektedir. Bu çalışma ile Türkiye’nin başkenti olan Ankara ilindeki 7 ilçenin akıllılık seviyeleri tespit edilmiştir.

3. Literatür Araştırması (Literature Review)

Literatürde Akıllı Şehir kavramını ele alan birçok çalışma bulunmaktadır. Bu çalışmalar ele alınan konuyu incelemenin yanı sıra gerçek hayattaki uygulamalarını da analiz etmektedir. Bu perspektifte hem Dünya’da hem de Türkiye’de analiz edilen şehirler mevcuttur. Dünya çapında yapılan çalışmalardan Angelidou [7]’nin 15 şehri ele aldığı araştırma dikkat çekmektedir. Angelidou [7] çalışmasında Amsterdam, Barselona ve Londra’yı içeren 15 şehrin Akıllı Şehir niteliklerini taşıyıp taşımadığını incelemiştir. Yine Londra’nın incelendiği başka bir çalışmada Canlı [8], dijital çağın dönüşen kentleri konusunu ele almıştır. Çalışmada Londra akıllı kent kapsamında üst düzeyde olan bir bölge olduğu ve kent stratejisine bakıldığında merkez olarak vatandaş kavramı ele alınmış olduğu tespit edilmiştir. Bilici ve Babahanoğlu [5], yaptıkları çalışmada dünya üzerinde kentleşme ve nüfusun hızla arttığını dile getirmiş ve artan bu kentleşme ile birlikte vatandaşların refahını arttırmak ve yaşam koşullarını iyileştirmek adına “akıllı kentler” inşa etmekten söz etmiştir. Hem Dünya’yı hem de Türkiye’yi ele alan çalışmalar incelendiğinde Çetin ve Çiftçi’nin [9] yaptığı çalışma öne çıkmaktadır. Çalışmada Dünya ve ülkemizden örneklerle akıllı kent kavramı incelenmiş olup Dünya çapında akıllı kent bileşenlerinden olan akıllı çevre, akıllı ulaşım, akıllı yönetim, akıllı ekonomi konusu araştırılmıştır. Bununla birlikte akıllı insan ve akıllı yaşam bileşenleri de benimsendiği takdirde başarının daha da artacağı vurgulanmıştır.

Sadece Türkiye sınırları içerisinde yapılan çalışmalar incelendiğinde İstanbul [10], İzmir [11], Malatya [12] ve bu çalışmanın da uygulama alanı olan Ankara ilinin incelendiği çalışmalar literatürde yer almaktadır. Bu çalışmalara ayrıntılı bir şekilde bakıldığında Çelikyay [10], teknoloji girdabında akıllı şehre dönüşüm konusunda İstanbul ilini incelemiştir. Akıllı şehir kriterlerine ulaşmada İstanbul için öneriler sunmuştur. Hayta [11], yaptığı çalışmada fertlerin şehir seçimlerinde nelerden etkilendiğini

ve bu etkilenme faktörlerden bahsetmiştir. İzmir şehrini ele alarak bir inceleme yapmıştır. Bu çalışmada İzmir’de yaşayan fertlerin o bölgeyi seçmelerindeki sebepler ve o şehir ile ilgili görüşlerini tespit etme amacıyla anket tekniği kullanılmıştır. Adıgüzel [13], yaptığı çalışmada akıllı kent bağlamında Türk kentleri için bir değerlendirme modelini ele almıştır. Bu çalışmada, daha önce yapılan çalışmalardan da yararlanarak Türk kentlerinin akıllı kent kavramı kapsamında değerlendirilmesini amaçlanmıştır. Akdamar [14], yaptığı çalışmada akıllı kent idealine ulaşmada büyük verinin önemi konusunu dile getirmiştir. Bu çalışmada büyük veri ile akıllı kentlerin ilişkisini açıklamak için ISO 37120:2014 Standardı örnek olarak aktarılmıştır. Büyük veri ile ilgili teknoloji ve yöntemler incelenmiştir. Büyük veri ile ilişkili olan; veri madenciliği, nesnelerin interneti, makine öğrenmesi, bulut bilişim gibi yöntem ve teknolojilerin; gelecekteki kentleri yönetmek ve verimli hizmet sunmak, Ar-Ge ve inovasyon çalışmalarına destek vermek, yeni ürün ve hizmetler üretmek ile ilgili önemi belirtilmiştir. Erkek [15], yaptığı çalışmada “Akıllı Şehircilik” anlayışını ve belediyelerin inovatif uygulamalarını ele almıştır. Yapılan bu çalışmada bir şehrin akıllı olmasının sadece akıllı ulaşım ve akıllı enerji kavramlarından ibaret olmadığı akıllı afet yönetimi, akıllı kampüs, akıllı eğitim gibi akıllı şehir unsurlarının da bu kapsamda akıllı şehir kavramına dahil olduğu belirtilmiştir. Varol [3], yaptığı çalışmada akıllı şehir kavramının Türkiye’de ne derecede yaygın olduğunun bilgisine ulaşmak ve Ankara şehrini ele alarak bu şehirde yapılan çalışmaları göz önüne sermeyi amaçlamıştır. Bu kapsamda Ankara Büyükşehir Belediyesi ve Ankara ilinde yer alan 7 ilçe akıllı şehir uygulamalarının yeterliliklerine göre incelenmiştir. Köseoğlu ve Demirci [16], yaptığı çalışmada akıllı şehirler konusu ve lokal problemlerin çözümünde teknolojinin yenilikçi bir şekilde kullanılması gerektiğini ifade etmiştir. Dijital teknolojilerde olan gelişmelerin git gide artmasıyla akıllı şehirler ve lokal problemlerin çözümünde teknolojilerin akıllı bir şekilde kullanımı, vatandaşın beklentilerini karşılamak, taleplerini hızlı ve uygun bir şekilde geri dönüş yapmak, katılımcı demokrasiyi güçlendirmek ve yerel yönetimlerin şeffaf ve bir şekilde yönetilebilmesi sağlamak gibi imkânları ortaya çıkardığını dile getirmiştir. Şolt [17], yaptığı çalışmada kentsel yaşanabilirlik ve sosyo-ekonomiklik kavramı üzerinde durmuştur. Daha yaşanabilir kentler oluşturmak için başta sürdürülebilirlik kavramı olmak üzere ekonomik ve sosyal dengenin hesaba katılması gerektiğini belirtmiştir ve özellikle ekonominin yalnızca tek bir faktör olmadığı sosyal ve kültürel özelliklere ihtiyaç olduğu vurgulanmıştır. Yılmaz vd. [12], yaptığı çalışmada Malatya kenti için akıllı kent önerilerini dile getirmiştir. Bir kentin akıllı olabilmesi için kent planlama mekanizmasının ve kent dinamiklerinin dikkate alınması gerektiğini belirtmiştir Çetin ve Gürsoy [18], yaptığı çalışmada Akıllı şehir kavramının yaklaşımını ve Türkiye’de bulunan büyükşehirler için uygulama olanaklarını belirtmiştir. Çalışmada küresel çevre sorunlarının giderilmesi ve çözümlenmesi adına yapılması planlanan çalışmalar kronolojik olarak dile getirilmiştir. Mirghaemi [19], yaptığı çalışmada Akıllı kentler üzerine inceleme yapmıştır ve Türkiye örneğini ele almıştır. Akıllı şehirler, insan yararına olacak hizmetlerden oluşan, kıt kaynakların en etkili şekilde kullanımını sağlayan, verimlilik artışını hedefleyen bir olgudur fikrini belirtmiştir ve Türkiye’de akıllı kent kavramının giderek arttığı aynı zamanda birtakım çalışmaların başladığını belirtmiştir. Öztöpcü ve Salman [20], yaptıkları çalışmada sürdürülebilir kalkınma konusunda akıllı şehirlerin öneminden bahsetmişlerdir. Bu çalışmada akıllı şehirlerin sürdürülebilir kalkınma konusundaki etkilerini saptamak hedeflenmiştir. Bu çalışmanın akıllı kentler konusunda birçok çalışanlara, inşaat sektörüne, kalkınma politikalarına, şehir bölge planlama ve mimarlık sektörüne katkıda bulunabileceği düşüncesine saptanmıştır.

Literatürde akıllı şehir analizi yapılan çalışmalarda ÇKKV yöntemlerinin kullanıldığı araştırmalar öne çıkmaktadır. İlk olarak Şepit ve Paksoy [21], yaptıkları çalışmada şehirlerin sürdürülebilirlik düzeylerini ÇKKV yöntemleri ile Türkiye’nin 9 ilinin sürdürülebilirlik düzeylerini değerlendirmişlerdir. Milošević vd. [22] akıllı şehirlerde mimari mirasın yönetimini ÇKKV yöntemlerini kullanarak incelemişlerdir. Mimari mirasın korunması ve muhafazası kararında öncelikli olanları belirlemek için yamuk ve üçgen bulanık AHP ve aralıklı gri AHP kullanılarak 22 farklı kriter sıralamışlardır. Hajduk ve Jelonek [23] yaptıkları çalışmada akıllı şehirleri ÇKKV yöntemlerinden TOPSIS, AHP ve DEA ile değerlendirmişlerdir. Şehirleri belirtilen yöntemlerle kentsel enerji temelinde incelemişlerdir. Özkaya ve Erdin [2] ise içinde İstanbul’un da yer aldığı 44 şehri ANP ve TOPSIS yöntem entegrasyonu ile sıralamışlardır. Sıralama için 47 gösterge kullanılmış olup literatüre ele aldıkları göstergeler ve alternatifler açısından katkı sağlamışlardır. Rad vd. [24] yaptıkları çalışmada akıllı şehir kriterlerinin önemini sıralamak için ANP ve DEMATEL yöntemleri kullanmışlardır. Tahran ve Seul için u-katsayıları sırasıyla 0.449 ve 0.918 olarak hesaplamışlardır. Zapolskyte vd. [25] yaptıkları çalışmada bireysel şehirlerin akıllı mobilite sistemlerini ve altyapılarını karşılaştırmak için AHP yöntemini kullanmışlardır. Yapıcı vd. [26] ile sürdürülebilir yeşil kampüs için ANP yöntemi ile yatırım alternatiflerini değerlendirmişlerdir.

Sonuç olarak literatür incelendiğinde ÇKKV yöntemleri ile şehirlerin analiz edildiği ve şehirlerin değerlendirildiği görülmektedir. Fakat ÇKKV yöntemleri Ankara ilindeki ilçelerin ÇKKV yöntemleri ile değerlendirildiği bir çalışmanın olmadığı tespit edilmiştir. Varol [3]'ün çalışmasında Ankara ilindeki 7 ilçe akıllı şehir uygulamaları açısından incelenmiş olup yapılan incelemeler sonucunda değerlendirmeler yapılmıştır. Bu çalışmada ise Varol'un [3] elde ettiği araştırma sonuçları kullanılarak 7 ilçe problemin çok kriterli ve çok amaçlı yapısı dikkate alınarak ÇKKV yöntemleri değerlendirilmiştir. Yapılan değerlendirmenin sonucunda ilçelerin akıllı şehir seviyeleri tespit edilmiştir. Bu çalışma hem ele alınan problem açısından hem de kullanılan yöntem entegrasyonu açısından literatüre katkı sağlamaktadır. Bu çalışma doğrultusunda ilçelerin eksikleri ve bu eksiklerinin neler olduğu saptanabilir hale gelmiştir, ilçelerin daha da geliştirerek akıllı şehirler olması için yapılacak yeni projeler adına bu çalışma öncülük edecektir.

4. Materyal ve Yöntem (Material And Method)

Karar verme; bir sorunu çözmek ve hedefe ulaşmak için birtakım kriterler doğrultusunda, olağan durumda olan tüm alternatifler arasından bir ya da birkaçını seçme işlemidir [27]. ÇKKV ise birden fazla ve çoğunlukla birbirine aykırı olan durumlarda var olan kriterlerin ile alternatifler arasından seçim yapılmasını belirtir [28]. Karar Biliminin bir alt dalını oluşturur ve farklı yaklaşımları içeren bir yöntemler bütünüdür. ÇKVV yönteminde karar verme aşamasını model yardımıyla karar vericinin maksimum düzeyde fayda sağlayacağı şekilde analiz edilir [29]. ÇKKV, karar vericiler açısından çok sayıda birbirinden bağımsız faktörün etkisini dikkate alarak, en uygun kararın verilmesinde destek olan yöntemlerdir [30]. En çok kullanılan ÇKKV yöntemleri AHP, TOPSIS, ELECTRE, ANP, PROMETHEE, VIKOR' dur. Bu çalışma kapsamında ÇKKV yöntemlerinden olan ANP ve PROMETHEE yöntemi kullanılmıştır. ANP yöntemi alt kriterler ve kriterler arasındaki ilişkileri değerlendirebilmesi ve bununla birlikte tek bir yöne bağlı modelleme zorunluluğunu ortadan kaldırarak karar vericilere daha tutarlı ve hassas sonuçlar sunabilmesi sebeplerinden dolayı çözüm yöntemi olarak seçilmiştir. PROMETHEE yöntemi ise zıt yönlü kriterleri herhangi bir dönüşüm yapma zorunluluğu olmadan değerlendirebilmesi ve nitel ifadeleri algoritma içinde rahatlıkla kullanabilmesi sebeplerinden dolayı seçilmiştir. Ayrıca ÇKKV yöntemleri teknoloji seçiminden [31] tesis planlamasına [32, 33], strateji seçiminden [34], bakım yönetimine [35] farklı birçok alanda uygulanmaktadır.

4.1. ANP yöntemi (ANP method)

ANP yöntemi, Thomas L. Saaty [36] tarafından geliştirilmiştir ve karar problemlerinde sıklıkla kullanılan bir ÇKKV yöntemidir. ANP, aynı kümedeki öğeler arasındaki bağımlılıkları (iç bağımlılık) ve farklı kümelerdeki öğeler arasındaki bağımlılıkları (dış bağımlılık) dikkate almaktadır. İç bağımlılık, aynı küme içindeki kriterler arasında bir etkileşim olup olmadığı göstermektedir. Dış bağımlılık, farklı bir kümedeki kriterler arasında bir etkileşim olduğunu ifade etmektedir [37].

ANP yöntemi kolay uygulanabilirliğinin yanında sektör veya alan fark etmeksizin birçok problemin çözümünde yaygın bir şekilde kullanılmaktadır [38]. ANP yönteminin adımları aşağıda verilmiştir [39].

Adım 1: Karar Verme Probleminin Belirlenmesi: İlk adımda ele alınan problem tanımlanmaktadır. Yapılan tanımda karar verme probleminin kriterleri varsa alt kriterleri ve alternatifleri belirlenmektedir.

Adım 2: Kriterlerin Arasındaki İlişkilerin Belirlenmesi: Belirlenen kriterlerin birbirleriyle olan etkileşimleri, her bir kriterin dışsal ve içsel etkileşimleri ve mevcut olan geri bildirimleri bu adımda ilişkilendirilmektedir. Uzman kişilerin görüşleri alınıp mevcut problemle ilgili literatür incelemesi yapılmaktadır.

Adım 3: Kriterler Arası İkili Karşılaştırmaların Yapılması: Birbiri ile alakası olduğu düşünülen her bir kriterin kendi arasında ikili karşılaştırması yapılmaktadır. Bu ikili karşılaştırmaların sonucu bir matriste toplanmaktadır.

Adım 4: Karşılaştırma Matrislerinin Tutarlılık Oranının Hesaplanması: Bu adımda, yapılan karşılaştırmaların anlamlı olup olmadığını belirlemek için tutarlılık oranı hesaplanmaktadır. Karşılaştırma değerleri verildikten sonra her bir matris için tutarlılık oranı (CR) hesaplanmaktadır.

CR = tutarlılık indeksi (CI) / rastgele tutarlılık indeksi (RI) denklemi kullanılarak CR hesaplanmaktadır.

Adım 5: Süper Matrislerin Oluşturulması: Bu adımda kriterler arası değerlendirmeler sonucu ortaya çıkan değerler ağırlıklandırılmamış süper matris adı verilen büyük bir matris altında toplanmaktadır. Daha sonra bu süper matrisin değerlerinin kendi içinde bulunan ilgili kümelerin ağırlıklandırılmış değerleri ile çarpılması sonucu ağırlıklandırılmış süper matris elde edilmektedir.

Adım 6: Alternatiflerin Değerlendirilmesi: Yapılan tüm bu işlemler sonucunda elde edilen limit süper matriste alternatifler arasında kıyaslama yapmak ve en iyi alternatifi görebilmek mümkündür. Buradaki en büyük değer en iyi alternatifi temsil etmektedir [36].

4.2. PROMETHEE yöntemi (PROMETHEE method)

PROMETHEE yöntemi, 1982 yılında Jean Pierre Brans tarafından geliştirilen ÇKKV yöntemlerinden biridir [40]. 1985 yılında Brans ve Vincke bu yöntemi daha da genişleterek yeni halini almasını sağlamışlardır. Bu yöntem birçok alternatiflerin sıralanması ve seçilmesi için kullanılan yöntemlerden biridir. PROMETHEE yöntemi alternatiflerin seçilen kriterler vasıtasıyla tercih fonksiyonlarına dayanarak ikili karşılaştırmalar yapılmak suretiyle değerlendirildiği bir ÇKKV yöntemidir. Bu değerlendirme, alternatiflerin kriterler temelindeki üstünlük durumlarını birleştirme yöntemi ile gerçekleşmektedir [41]. PROMETHEE yöntemi literatürde yer alan mevcut önceliklendirme yöntemlerinin uygulama aşamasındaki zorluklarından hareketle geliştirilmiş ve günümüze kadar birçok problemin çözümünde kullanılmıştır [42]. Bir sıralama algoritmasıdır. Tercih fonksiyonları kullanıcının belirlediği kriterlere bağlı olarak değişim göstermektedir. Bu tercih fonksiyonları Olağan tip, U-tipi, Seviyeli tip, V-tipi, Gaussian ve Doğrusal şeklindedir. PROMETHEE yöntemini diğer yöntemlerden ayıran bir özelliği vardır bu özellik her bir değerlendirme faktörünün kendi içinde değerlendirilmesi aşamasıdır. PROMETHEE yöntemi 7 adımdan oluşmaktadır [43].

1. Adım: Öncelikle ilk adımda karar noktaları tanımlanır ve ardından değerlendirme faktörleri belirlenir. Daha sonra tanımlanan değerlendirme faktörlerinin önem ağırlıkları belirlenir ve son olarak veri tablosu hazırlanır.

2. Adım: Yapılacak işlemin türüne göre tercih fonksiyonu tanımlanır.

3. Adım: Alternatifler için ortak tercih fonksiyonları belirlenir ve bu fonksiyonlar Eşitlik 1’de verilmiştir.

$$P(x,y) = \begin{cases} 0 & , f(x) \leq f(y) \\ p[f(x) - f(y)], f(x) > f(y) \end{cases} \quad (1)$$

4. Adım: Her alternatif çifti için Eşitlik 2’ de verildiği gibi indeks hesaplanır.

$$\pi(x,y) = \frac{\sum_{i=1}^k w_i * P_i(x,y)}{\sum_{i=1}^k w_i} \quad (2)$$

5. Adım: A alternatifi için Eşitlik 3 ve Eşitlik 4’te gösterildiği gibi pozitif ve negatif üstünlük hesaplanır.

$$\Phi^+(x) = \frac{1}{n-1} \sum \pi(x,y) \quad (3)$$

$$\Phi^-(x) = \frac{1}{n-1} \sum \pi(y,x) \quad (4)$$

6. Adım: PROMETHEE I ile alternatifler için kısmi öncelikler belirlenir. 3 farklı durum söz konusu olmaktadır.

I. Durum: Aşağıda bulunan koşullardan eğer herhangi biri sağlanıyor ise x alternatifi y alternatifine tercih edilmektedir. Eşitlik 5, 6 ve 7’de denklemler verilmiştir.

$$\Phi^+(x) > \Phi^+(y) \text{ ve } \Phi^-(x) < \Phi^-(y) \quad (5)$$

$$\Phi^+(x) > \Phi^+(y) \text{ ve } \Phi^-(x) = \Phi^-(y) \quad (6)$$

$$\Phi^+(x) = \Phi^+(y) \text{ ve } \Phi^-(x) < \Phi^-(y) \quad (7)$$

II. Durum: Aşağıda bulunan koşullar sağlanıyor ise x alternatifinin y alternatifinden farkı yoktur. Eşitlik 8’de denklemler verilmiştir.

$$\Phi^+(x) = \Phi^+(y) \text{ ve } \Phi^-(x) = \Phi^-(y) \quad (8)$$

III. Durum: Aşağıda Eş. 9 ve Eş. 10'da verilen koşullardan herhangi biri sağlanıyorsa x alternatifi y alternatifi ile karşılaştırılmaz.

$$\Phi^+(x) > \Phi^+(y) \text{ ve } \Phi^-(x) > \Phi^-(y) \quad (9)$$

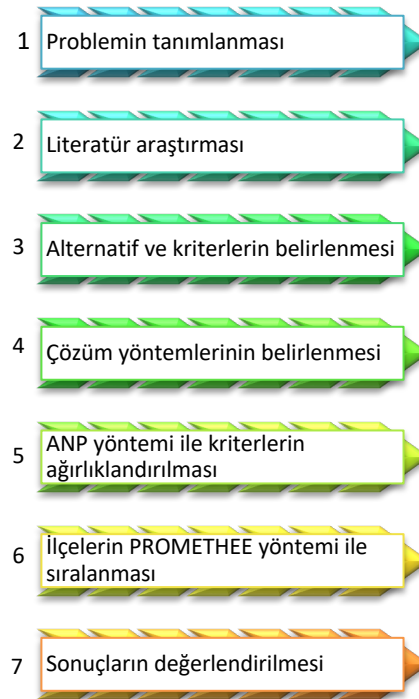
$$\Phi^+(x) < \Phi^+(y) \text{ ve } \Phi^-(x) < \Phi^-(y) \quad (10)$$

7. Adım: PROMETHEE II ile alternatifler için tam önceliklerin belirlenmesi aşamasıdır. PROMETHEE II' de Eş. 11'de verilen formül yardımıyla alternatiflerin tam öncelikleri belirlenir. Hesaplanan alternatiflerin tam öncelik değerleri kullanılarak alternatifler aynı düzlemde değerlendirilerek genel sıralama belirlenir [36].

$$\Phi(x) = \Phi^+(x) - \Phi^-(x) \quad (11)$$

5. Uygulama (Case Study)

Çalışmada Şekil 1'de gösterilen akış şemasında da belirtildiği gibi ilk olarak problem tanımlanmıştır. Problemin tanımlanmasının ardından literatür araştırılması yapılmış, alternatif ve kriterler belirlenmiştir. Probleme uygun çözüm yöntemi olarak ÇKKV yöntemlerinden ANP ve PROMETHEE yöntemi belirlenmiştir. ANP yöntemiyle kriter ağırlıklandırılması yapılmıştır. PROMETHEE yöntemiyle de alternatifler sıralanmıştır. Yapılan yöntemlerin ardından sonuç ve değerlendirme yapılmıştır.



Şekil 1. Uygulama akış şeması (Flow chart)

5.1. Problemin tanımlanması (Defining the Problem)

Problemdeki ana hedef Ankara'da bulunan ilçelerin akıllı şehir düzeyine göre sıralanması ve hangi ilçenin diğerlerine göre üstün olduğunu bulmaktır. Problemi çözmek için öncelikle hedef belirlendi. Ardından alternatifler değerlendirildi ve toplamda 7 olmak üzere Altındağ, Keçiören, Yenimahalle, Mamak, Çankaya, Etimesgut, Sincan seçildi. Daha sonra alternatifleri etkileyen kriterler belirlendi. Bunlar toplamda 6 tane olmak üzere akıllı yaşam, akıllı çevre, akıllı hareketlilik, akıllı yönetim, akıllı ekonomi ve akıllı insandır. Bu kriterler literatürde yapılan çalışmalarla [2, 3] belirlenmiştir. Literatürde edinilen bilgilere göre akıllı şehir kavramının 6 bileşeni bulunmaktadır. Bu kapsamda bu çalışmada bu 6 bileşen kriter olarak ele alınmıştır. Bu kriterler bir akıllı şehirde olması gereken temel özellikler olarak da belirtilebilmektedir. Bu kriterler bir akıllı şehirde olması gereken temel özelliklere göre belirlenmiştir. Bu kriterlerden yola çıkarak alt kriterler belirlenmiştir. Akıllı yaşam kriterinin alt

kriterleri olarak bir toplumda akıllı yaşam unsurlarını içeren kamu güvenliği, itfaiye hizmetleri, sağlık ve eğitim hizmetleri belirlenmiştir. Akıllı çevre kriterinin alt kriterleri olarak çevre için önem arz eden alt yapı ve su takip sistemleri, çevre kalitesi ve geri dönüşüm ölçümü son olarak da enerji tüketimi ele alınmıştır. Akıllı hareketlilik kriterinin alt kriterleri olarak ise trafik yoğunluk ölçümü, akıllı kavşak ve durak, GPS takip ve yol sensörü belirlenmiştir. Akıllı yönetim kriterinin alt kriterleri olarak bilinç düzeyi, plan politika, mobil uygulama, vergi ve imar olarak belirlenmiştir. Akıllı ekonomi kriterinin alt kriterleri ise girişimcilik, inovasyon, verimlilik yerel ve küresel bağlardır. Akıllı insan kriterinin alt kriterleri olarak sosyal alt yapı ve kültürel etkileşim belirlenmiştir. Ele alınan bu alternatifler ve kriterler ile çözüm yapılarak hedefe ulaşılmıştır. Problemde Ankara'nın ilçeleri akıllı şehir düzeyine göre sıralanmıştır.

5.2. Alternatiflerin belirlenmesi (Determination of alternatives)

Yapılan bu çalışmada alternatif seçenekleri olarak Ankara iline bağlı bulunan toplam 25 ilçe göz önüne alınmıştır. Akıllı şehir analizinde, Ankara ilinin akıllı şehir kriterlerine uygun alternatif ilçelerinin belirlenmesinde ilçelerin nüfus yoğunluğu, ilçelerin yüz ölçümü, ilçelerin gelişmişlik düzeyleri, akıllı şehir unsurlarının ilçelerdeki varlıkları ve akıllı şehir ile ilgili yapılan çalışmalar etkili olmuştur. Bu kapsamda yapılan araştırmalar sonucu Çankaya, Keçiören, Yenimahalle, Mamak, Etimesgut, Sincan, Altındağ ilçeleri alternatif olarak belirlenmiştir. Aynı zamanda bu alternatiflerin belirlenmesinde literatürde bu ilçeler ile ilgili çalışmaların [3] olması etkili olmuştur.

5.3. Kriterlerin belirlenmesi (Determination of criteria)

Akıllı Şehir kavramı altında, bir şehri "akıllı" yapabilecek birçok bileşen bulunmaktadır. Proje kapsamında literatür taraması sonucunda 6 ana kriter belirlenmiştir ve bunlara bağlı olarak da alt kriterler belirlenmiştir. Bu kriterler ve alt kriterler Tablo 1'de verilmiştir.

Tablo 1. Kriterler ve alt kriterler (Criteria and sub criteria)

Ana Kriter	Alt Kriter	Açıklama
Akıllı Yaşam	Kamu Güvenliği	Akıllı yaşam, kamu güvenliği, suçla mücadele (kamera ya da sesli takip sistemleri), kentsel acil müdahale ve denetleme, afet yönetimi, itfaiye, sağlık ve eğitim hizmetleri, kültür ve turizm hizmetlerinde iletişim/yönlendirme gibi uygulamaları içermektedir.
	İtfaiye Hizmetleri	
	Sağlık ve Eğitim Hizmetleri	
Akıllı Çevre	Altyapı ve Su Takip Sistemleri	BİT desteği ile çevre ve doğanın sürdürülebilirliği sağlanabilmesi, yeşil alanlar ve su kaynakları kontrol edilebilmesidir. Yenilenebilir enerji, sürdürülebilir kaynak yönetimi, akıllı enerji şebekeleri, mikro şebekeler, akıllı sayaçlar, ileri hava kirliliği izleme sistemleri, çevre dostu yeşil binalar, yeşil şehir planlaması, enerji verimli akıllı sokak aydınlatmaları, katı atık yönetimi, akıllı su yönetim ve drenaj sistemlerini kapsamaktadır.
	Çevre Kalitesi ve Geri Dönüşüm Ölçümü	
	Enerji Tüketimi	
Akıllı Hareketlilik	Trafik Yoğunluk Ölçümü	Akıllı hareketlilik kavramı bilgi ve iletişim teknolojileri destekli nakliye ve lojistik hizmetlerini kapsamaktadır. Kentin lojistik akışını geliştirmek adına trafik koşullarını, coğrafi ve çevresel etmenleri etkin bir şekilde kentin hareketlilik düzenine entegre edebilme kabiliyetidir. Kentin hareket kabiliyetinin artırılması için, yenilikçi ve sürdürülebilir ulaşım sistemlerinin kurulması, çevre ile dost yakıtlara dayalı toplu taşıma sistemlerinin geliştirilmesi bu kavram içerisinde değerlendirilebilir.
	Akıllı Kavşak ve Durak	
	GPS Takip ve Yol Sensörü	
Akıllı Yönetişim	Bilinç Düzeyi	Akıllı yönetim başlığı altında belediyelerin akıllı kentler konusundaki kurumsal kapasiteleri ve bilinç düzeyleri, geliştirdikleri plan politikalar, e-yönetim sistemleri uygulamaları, kent sakinlerinin karar alma süreçlerine katılımı bu kapsamda mobil uygulamalar, vergi ve imar takibi konusunda geliştirilmiş çevrimiçi sistemler incelenmiştir.
	Plan Politika	
	Mobil Uygulama	
	Vergi ve İmar	
Akıllı Ekonomi	Girişimcilik	Akıllı Ekonomi Akıllı Şehir kavramının bir bileşenidir. Akıllı Ekonomi kavramı genel olarak girişimcilik, yerel ve küresel bağlar yenilikçi ruh, ekonomik imaj ve ticari markalar, inovasyon ve verimlilik ile ilişkilidir.
	İnovasyon	
	Verimlilik	
Akıllı İnsan	Yerel ve Küresel Bağlar	Üretkenliği geliştiren ve yeniliği teşvik eden kapsayıcı bir toplumda, eğitim-öğretim, insan kaynakları ve kapasite yönetimine erişebilen, BİT etkin bir ortamda çalışan e-beccerilerden oluşmaktadır. Farkındalığı, katılımı ve yaratıcılığı yüksek, hayat boyu öğrenen, bilişim teknolojilerini hayatına dâhil etmiş, beşerî ve sosyal sermayenin ana unsuru ve şehir yaşamının odak noktası olan bireydir.
	Sosyal Altyapı	
	Kültürel Etkileşim	

5.4. Problemin çözülmesi (Solution of the problem)

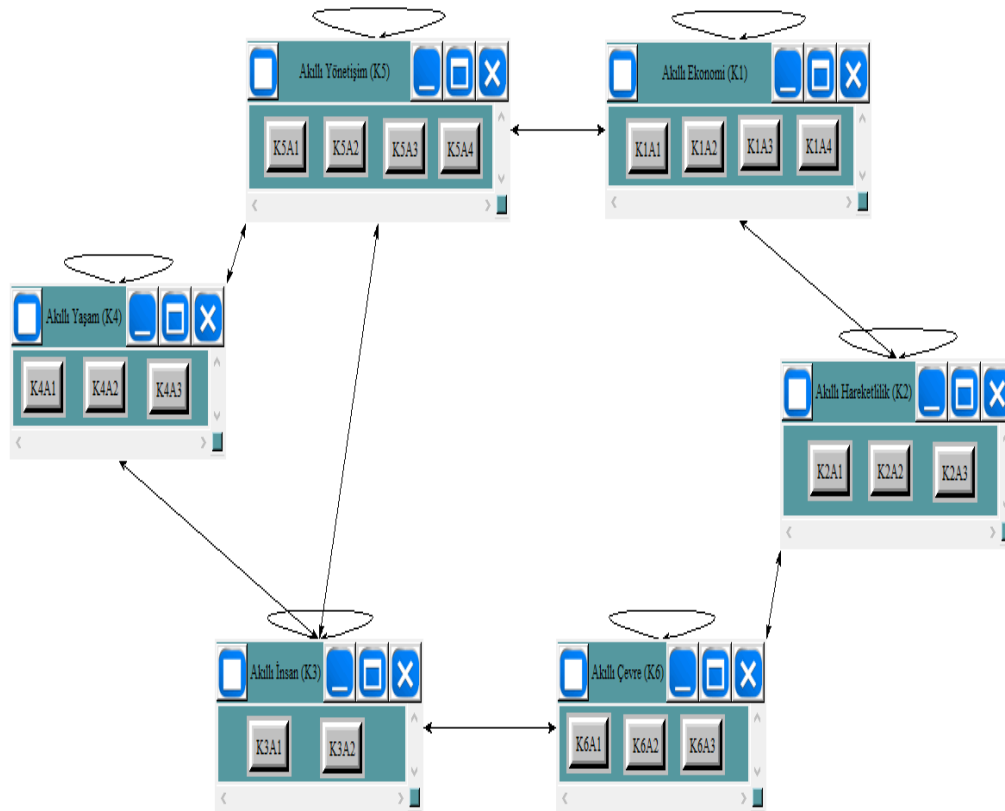
Problemin çözüm aşamasında Bölüm 5.2' de belirtilen alternatifler Bölüm 5.3' te belirtilen kriterler kapsamında ÇKKV yöntemleri ile değerlendirilmiştir. İlk aşamada kriterler ANP yöntemi ile ağırlıklandırılmış ve ardından bu ağırlıklar kullanılarak PROMETHEE yöntemi ile ilçeler sıralanmıştır.

5.4.1. Kriterlerin ANP yöntemi ile ağırlıklandırılması

ANP yönteminde problemleri çözerken, bileşenler arasındaki ilişkiler ve yönler ağ yapısı ile belirlenir. Bu ağ yapısı sayesinde bileşenlerin ve bu bileşenlerin alt bileşenleri arasındaki doğrudan ve dolaylı yoldan oluşan ilişkiler belirlenebilmektedir. ANP yönteminde karar verme problemleri bir ağ şeklinde modellenmekte ve bu aşamada kriter grupları arasındaki dış bağımlılıkları, geri bildirimleri ve aynı kriter grubu içinde yer alan iç bağımlılıkları da hesaplanmaktadır [44].

Adım 1: ANP'nin ilk adımı olarak karar verilen problem tanımlandıktan sonra alternatifler, kriterler ve alt kriterler belirlenmiştir.

Adım 2: Belirlenen alt kriterlerin birbirlerini etkileyenler arasında bir ilişki oluşturulmuştur ve Super Decisions programı kullanılarak ağ yapısı kurulmuştur. Şekil 2'de görüldüğü gibi ağ yapısı karmaşık bir yapıdadır.



Şekil 2. ANP ağ yapısı (ANP network structure)

Adım 3: Birbiri ile ilişkisi olduğu varsayımı olan ölçütlerin her biri kendi arasında ikili karşılaştırma yapılır. Bu yapılan ikili karşılaştırmaların sonucunda bir matris toplanır ve ağırlıklar belirlenir.

Adım 4: Tutarlılık kontrolü yapılır. Karşılaştırma matrislerinin tutarlı olup olmadığına bakılmıştır. Tutarlılık oranı 0,1 'den küçük çıktığı için sonuç tutarlıdır.

Adım 5: Süper matrisler sırayla oluşturularak kriterlerin ve alternatiflerin önem ağırlıkları hesaplanmıştır. Tablo 2'de alt kriterlerin yerel ve global ağırlıkları verilmiştir. Yerel ağırlık her bir kriterin hiyerarşik yapıdaki bir üst seviyedeki ögeyi karşılama oranını, global ağırlık ise her bir kriterin hiyerarşik yapının en tepesinde yer alan ögeyi karşılama oranını ifade etmektedir.

Tablo 2. Kriterlerin ağırlıkları (Weights of the criteria)

Alt kriterler	Alt kriter yerel ağırlığı	Alt kriter global ağırlığı
Kamu Güvenliği	0.33333	0.060606
İtfaiye Hizmetleri	0.33333	0.060606
Sağlık ve Eğitim Hizmetleri	0.16667	0.030303
Altyapı ve Su Takip Sistemleri	0.16667	0.030303
Çevre Kalitesi ve Geri Dönüşüm Ölçümü	0.40000	0.060606
Enerji Tüketimi	0.40000	0.060606
Trafik Yoğunluk Ölçümü	0.20000	0.030303
Akıllı Kavşak ve Durak	0.60000	0.090909
GPS takip ve Yol Sensörü	0.40000	0.060606
Bilinç Düzeyi	0.40000	0.060606
Plan Politika	0.20000	0.030303
Mobil Uygulama	0.40000	0.060606
Vergi ve İmar	0.42857	0.090909
Girişimcilik	0.14286	0.030303
İnovasyon	0.14286	0.030303
Verimlilik	0.28571	0.060606
Yerel ve Küresel Bağlar	0.20000	0.030303
Sosyal Altyapı	0.40000	0.060606
Kültürel Etkileşim	0.40000	0.060606

5.4.2. İlçelerin PROMETHEE yöntemi ile sıralanması (Ranking of county by PROMETHEE method)

ANP yönteminden elde edilen ağırlık PROMETHEE yönteminde kullanılarak ilçelerin sıralaması elde edilmiştir. İlk olarak kriter ağırlıkları ve veriler Visual PROMETHEE programına girilmiştir. Veri girişi Şekil 3-4'te verilmiştir.

Şekil 5' te ise PROMETHEE sonucu verilmiştir. Şekil 5' de görüldüğü üzere en iyi alternatif Çankaya ilidir. Ardından sırasıyla; Yenimahalle, Keçiören, Sincan, Mamak, Etimesgut ve Altındağ illeri gelmektedir.

Literatürde yapılan araştırmalar, ANP ve PROMETHEE yöntemleriyle varılan sonuçlara göre Çankaya ilçesinde akıllı şehir adına yapılan çalışmaların diğer ilçelere göre daha fazla olduğuna saptanmıştır. Aynı şekilde Altındağ ilçesinin de diğer ilçelere göre akıllı şehir kapsamında geride kaldığı gözlemlenmiştir. Çankaya ilçesinden sonra sırasıyla Yenimahalle, Keçiören, Sincan, Mamak, Etimesgut ve Altındağ gelmektedir. Bu ilçelerin her biri akıllı şehir kapsamında eksikleri çok olsa da gelişmeye açıktır ve gelecekte daha da gelişmiş bir düzeyde olacağı düşünülmektedir.

Scenario1	Yaşam A1	Yaşam A2	Yaşam A3	Çevre A1	Çevre A2	Çevre A3	Hareketlilik A1	Hareketlilik A2	Hareketlilik A3	Yönetişim A1
Unit	5-point	5-point	5-point	5-point	5-point	5-point	5-point	5-point	5-point	5-point
Cluster/Group	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆
Preferences										
Min/Max	max	max	max	max	max	max	max	max	max	max
Weight	0,06	0,03	0,06	0,03	0,06	0,06	0,06	0,06	0,03	0,09
Preference Fn.	Level	Level	Level	Level	Level	Level	Level	Level	Level	Level
Thresholds	absolute	absolute	absolute	absolute	absolute	absolute	absolute	absolute	absolute	absolute
- Q: Indifference	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
- P: Preference	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00
- S: Gaussian	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
Statistics										
Minimum	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	4,00	2,00	4,00	4,00
Maximum	5,00	5,00	5,00	2,00	5,00	5,00	5,00	4,00	5,00	5,00
Average	3,00	3,00	3,71	2,00	3,29	4,14	4,29	3,14	4,71	4,29
Standard Dev.	1,20	1,20	1,16	0,00	1,16	0,99	0,45	0,99	0,45	0,45
Evaluations										
Çankaya	very good	very good	very good	bad	very good	very good	very good	good	very good	good
Keçiören	good	bad	good	bad	bad	good	good	good	very good	good
Yenimahalle	good	good	good	bad	bad	very good	good	good	very good	good
Mamak	bad	bad	bad	bad	good	good	good	bad	good	good
Etimesgut	bad	bad	bad	bad	bad	good	good	bad	very good	good
Sincan	bad	good	very good	bad	good	very good	very good	good	very good	very good
Altındağ	bad	bad	good	bad	good	bad	good	bad	good	very good

Şekil 3. PROMETHEE veri girişi-1 (PROMETHEE data entry-1)

Yönetişim A2	Yönetişim A3	Yönetişim A4	Ekonomi A1	Ekonomi A2	Ekonomi A3	Ekonomi A4	İnsan A1	İnsan A2
5-point	5-point	5-point	5-point	5-point	5-point	5-point	5-point	5-point
max	max	max	max	max	max	max	max	max
0,03	0,03	0,06	0,06	0,06	0,03	0,03	0,09	0,06
Level	Level	Level	Level	Level	Level	Level	Level	Level
absolute	absolute	absolute	absolute	absolute	absolute	absolute	absolute	absolute
1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00
n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
2,00	2,00	4,00	2,00	4,00	2,00	4,00	2,00	2,00
5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	4,00	4,00	5,00	5,00
4,00	3,57	4,71	4,00	4,29	3,71	4,00	3,71	3,71
0,93	1,05	0,45	0,93	0,45	0,70	0,00	1,16	1,16
very good	very good	very good	very good	very good	good	good	very good	very good
good	good	very good	very good	very good	good	good	good	good
good	good	good	good	good	good	good	good	very good
very good	bad	very good	good	good	good	good	good	good
bad	bad	very good	good	good	good	good	very good	good
good	good	good	good	good	good	good	bad	bad
good	good	very good	bad	good	bad	good	bad	bad

Şekil 4. PROMETHEE veri girişi-2 (PROMETHEE data entry-2)

Rank	action	Phi	Phi+	Phi-
1	Çankaya	0,2327	0,2327	0,0000
2	Yenimahalle	0,1621	0,2024	0,0404
3	Keçiören	0,1264	0,1821	0,0557
4	Sincan	-0,0152	0,1415	0,1567
5	Mamak	-0,0509	0,1110	0,1619
6	Etimesgut	-0,1569	0,0757	0,2326
7	Altındağ	-0,2982	0,0656	0,3638

Şekil 5. İlçelerin sıralaması (Ranking of cities)

6. Sonuç ve Tartışma (Result And Discussion)

Akıllı şehir kavramı dışarıdan sadece teknolojik bir çalışma gibi görünse de ekonomi, çevre, insan ve yasal unsurları da içinde barındırmaktadır. Akıllı şehirler teknolojiyi kullanarak insanlar için kolaylık sağlama ve sorunlara çözüm bulmaya çalışmaktadır. Akıllı şehir girişiminin amacı şehirlerin sürdürülebilirliğini sağlamak, sadece günümüzde değil gelecek nesiller için de yaşanabilir bir dünya bırakmak, sosyal aktiviteleri arttırmak, hayat şartlarını kolaylaştırmak ve en önemlisi yaşadığımız yerde mutlu ve güvenilir bir ortam oluşturmaktır. Dünya da hızlı bir kentleşme olmaktadır ve kaynakların etkin kullanılması gerekmektedir. Bu durumda devreye teknoloji ve akıllı şehir kavramı girmektedir. Dünya çapında bakıldığında gelişmiş birçok ülke hızla akıllı şehir kavramını benimsemiş ve akıllı şehir olmak için önemli yatırımlar yapmışlardır.

Hükümetler ve il yöneticileri, sorumluluklarının olduğu şehirleri daha sürdürülebilir ve üretken kılmak ve yaşam kalitesi açısından daha çekici hale getirmek için yeni yatırım ve politika alanları aramaktadırlar. "Akıllı ve sürdürülebilir şehir" kavramının çeşitli anlamlarına göre farklı yöntemler ve ölçüm endeksleri geliştirilmiştir. Niceliksel göstergelerden oluşan değerlendirme sistemleri, şehir yöneticileri ve politikacılar arasında büyük ilgi görmektedir. Böylece zamanlarını ve kaynaklarını nereye harcayacaklarına karar vermektedirler. Bu kapsamda bu çalışma da ele alınan ilçelerin yöneticilerine yol gösterir niteliktedir. Ayrıca bu çalışma kullanılan yöntem kombinasyonu açısından literatüre katkı sağlamaktadır.

Bu çalışmada metropoliten kentlerden biri olan Ankara ili ele alınmıştır. Bu çalışmada Ankara iline ait ilçeler arasından belirlenen alternatifler, ÇKKV yöntemleri olan ANP ve PROMETHEE yöntemi ile karşılaştırılmıştır. Yapılan araştırmalar sonucu Ankara'nın ilçelerinde akıllı şehir adına nelerin olduğu ve akıllı şehir bileşenleri araştırılıp ÇKKV yöntemleri için alternatifler ve kriterler tespit edilmiştir. Alternatif olarak Ankara'nın ilçeleri nüfus verilerine göre değerlendirilip 7 ilçe olmak üzere Altındağ,

Keçiören, Yenimahalle, Mamak, Çankaya, Etimesgut ve Sincan seçilmiştir. Kriterler akıllı şehir kavramının 6 temel bileşenleri olan akıllı yaşam, akıllı çevre, akıllı hareketlilik, akıllı yönetim, akıllı ekonomi ve akıllı insan olarak belirlenmiştir. Bu alternatifler ve kriterlerin önem dereceleri belirlenmiştir. Tespit edilen bu alternatifler ilk olarak ANP yöntemiyle alt kriterlerinde ağırlıkları bulunarak çözüm yapılmıştır. Ardından PROMETHEE yönteminde önce karar matrisi oluşturulmuştur. PROMETHEE yönteminin 7 adımı uygulanarak Visual PROMETHEE programıyla alternatifler sıralanmıştır.

Yapılan çalışmada ÇKKV yöntemlerinden olan ANP ve PROMETHEE yöntemleri ile Ankara ili için belirlenen alternatiflerin sıralamasına ulaşıldı. Araştırma sonucunda akıllı şehir açısından diğer ilçelere göre en çok uyumlu olan ilçe Çankaya ilçesidir ardından sırasıyla Yenimahalle, Keçiören, Sincan, Mamak, Etimesgut ve Altındağ gelmektedir.

Yapılan çalışma sonucunda elde edilen verilere göre ilçelerde akıllı şehir adına yapılan çalışmalar gözlemlenmiştir ve ilçeler sıralanmıştır. Bulunan bu sıraya göre ilçe yöneticileri ve vatandaşlar ilçelerin ne düzeyde olduğunu fark edebilir ve eksiklerini görüp yeni çalışmalara adım atabilirler.

İleride akıllı şehir kapsamında büyük şehirler ÇKKV yöntemleriyle hem genel büyükşehir belediyesi anlamında hem de ilçe bazında bölge olarak değerlendiren çalışmalar yapılabilir. Değerlendirilen bölgeler hem literatürde başka çalışmalar için kaynak olur hem de bölgede bulunan akıllı şehir unsurlarının yeterliliği bilgisine ulaşılmış olur. Ayrıca değerlendirilen akıllı şehirlerin hizmetlerini genişletmek için akıllı şehir projelerinin yatırım değerlendirilmesi ÇKKV yöntemleri ile yapıp şehrin gelişmesi için bir yol haritası çizilebilir. Ayrıca şehirlerin tamamının ele alındığı akıllı şehir uygulamaları için şehir seçimi yapılabilir.

Teşekkür (Acknowledgment)

Bu çalışma, TÜBİTAK tarafından 2209-A Üniversite Öğrencileri Araştırma Projeleri Destekleme Programı 2020/2 kapsamında 1919B012004669 başvuru numaralı proje ile desteklenmektedir. TÜBİTAK kurumuna teşekkürlerimizi sunarız.

Çıkar Çatışması Beyanı (Conflict of Interest Statement)

Yazarlar tarafından herhangi bir çıkar çatışması bildirilmemiştir.

Kaynaklar (References)

- [1] R. P. Dameri, "Searching for smart city definition: a comprehensive proposal," *Int. J. Comput. Technol.*, vol. 11, no. 5, pp. 2544–2551, 2013. doi:10.24297/ijct.v11i5.1142.
- [2] G. Ozkaya and C. Erdin, "Evaluation of smart and sustainable cities through a hybrid MCDM approach based on ANP and TOPSIS technique," *Heliyon*, vol. 6, no. 10, pp. e05052, 2020. doi:10.1016/j.heliyon.2020.e05052.
- [3] Ç. Varol, "Sürdürülebilir gelişmede akıllı kent yaklaşımı: Ankara'daki belediyelerin uygulamaları," *Çağdaş Yerel Yönetimler*, cilt 26, sayı 1, ss. 43–58, 2017.
- [4] Ü. Kaygısız ve Z. A. Aydın, "Yönetimde yeni bir ufuk olarak akıllı kentler," *Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Sos. Bilim. Enstitüsü Dergisi*, cilt 9, sayı 18, ss. 55–81, 2017. doi:10.20875/makusobed.292381.
- [5] Z. Bilici ve V. Babahanoğlu, "Akıllı kent uygulamaları ve Konya örneği," *Akad. Yaklaşımlar Dergisi*, cilt 9, sayı 2, ss. 124–139, 2018.
- [6] A. Gül ve Ş. Ç. Atak, "Avrupa'da akıllı kent uygulamalarının değerlendirilmesi ve Çanakkale' nin akıllı kente dönüşümünün analizi," *Süleyman Demirel Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilim. Fakültesi Dergisi*, cilt 22, sayı Kayfor 15 Özel Sayısı, pp. 1543–1565.
- [7] M. Angelidou, "The role of smart city characteristics in the plans of fifteen cities," *Journal of Urban Technology*, vol. 24 no. 4, pp. 3–28, 2017.
- [8] E. Canlı, "Dijital çağın dönüşen kentleri akıllı kentler: Londra örneği," Yüksek Lisans Tezi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Necmettin Erbakan Üniversitesi, Konya, Türkiye, 2019.
- [9] M. Çetin ve Ç. Çiftçi, "Literatüre göre Dünya ve ülkemizden örneklerle akıllı kent kavramının irdelenmesi," *Ulus. Çevre Bilim. Araştırma Dergisi*, cilt 2, sayı 3, ss. 134–143, 2019.
- [10] H. H. Çelikyay, "Teknoloji girdabından akıllı şehre dönüşüm: İstanbul örneği," in *Bursa: 2nd Turkey Graduate Studies*

Congress, 2013.

- [11] Y. Hayta, "Bireylerin kent seçimlerini etkileyen faktörler: İzmir örneği üzerinden bir inceleme," *Itobiad J. Hum. Soc. Sci. Res.*, cilt 5, sayı 8, 2016.
- [12] B. Yılmaz, S. Görmüş ve S. Cengiz, "Malatya kenti için akıllı kent modeli önerisi," *Uluslararası Kentleşme ve Çevre Sorunları Sempozyumu: Değişim/Dönüşüm/Özgünlük (ISUEP2018)*, 28-30 Haziran 2018 Anadolu Üniversitesi – Eskişehir.
- [13] M. Adıgüzel, "An evaluation model for Turkish cities in the context of smart city," Master Thesis, *Graduate School of Natural and Applied Sciences*, Middle East Technical University, Ankara, Türkiye, 2017.
- [14] E. Akdamar, "Akıllı kent idealine ulaşmada büyük verinin rolü," *Kent Akad.*, cilt 10, sayı 30, ss. 200–215, 2017.
- [15] S. Erkek, "'Akıllı şehirçilik' anlayışı ve belediyelerin inovatif uygulamaları," *Medeni. ve Toplum Dergisi*, cilt 1, sayı 1, ss. 55–72, 2017.
- [16] Ö. Köseoğlu ve Y. Demirci, "Akıllı şehirler ve yerel sorunların çözümünde yenilikçi teknolojilerin kullanımı," *Uluslararası Polit. Araştırmalar Dergisi*, cilt 4, sayı 2, ss. 40–57, 2018. doi:10.25272/j.2149-8539.2018.4.2.03.
- [17] H. B. H. Şolt, "Kentsel yaşanabilirlik kavramı ve sosyo ekonomik gelişmişlik," *Avrasya Sos. ve Ekon. Araştırmaları Dergisi*, cilt 5, sayı 6, ss. 71–85, 2018.
- [18] O. Gürsoy, "Akıllı kent yaklaşımı ve Türkiye' deki büyükşehirler için uygulama imkânları," Yüksek Lisans Tezi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Hacettepe Üniversitesi, Ankara, Türkiye, 2019.
- [19] S. A. Mirghaemi, "Akıllı kentler üzerine bir inceleme: Türkiye örneği," *Beykent Üniversitesi Fen ve Mühendislik Bilim. Dergisi*, cilt 12, sayı 2, ss. 37–46, 2019. doi:10.20854/bujse.628495.
- [20] A. Öztöpcü ve A. Salman, "Sürdürülebilir kalkınmada akıllı kentler," *Karadeniz Uluslararası Bilim. Dergi*, sayı 41, ss. 167–188, 2019. doi:10.17498/kdeniz.476335.
- [21] A. Şepit ve T. Paksoy, "Şehirlerin sürdürülebilirlik performanslarının bir bulanık çok kriterli karar verme tekniği ile değerlendirilmesi," *Selçuk Üniversitesi Mühendislik, Bilim ve Teknol. Dergisi*, cilt 7, sayı 1, ss. 30–48, 2019. doi:10.15317/Scitech.2019.180.
- [22] M. R. Milošević, D. M. Milošević, A. D. Stanojević, D. M. Stević, and D. J. Simjanović, "Fuzzy and interval AHP approaches in sustainable management for the architectural heritage in smart cities," *Mathematics*, vol. 9, no. 4, pp. 304, 2021. doi:10.3390/math9040304.
- [23] S. Hajduk and D. Jelonek, "A decision-making approach based on TOPSIS method for ranking smart cities in the context of urban energy," *Energies*, vol. 14, no. 9, p. 2691, 2021. doi:10.3390/en14092691.
- [24] T. G. Rad, A. Sadeghi-Niaraki, A. Abbasi, and S.-M. Choi, "A methodological framework for assessment of ubiquitous cities using ANP and DEMATEL methods," *Sustain. cities Soc.*, vol. 37, pp. 608–618, 2018. doi:10.1016/j.scs.2017.11.024.
- [25] S. Zapolskytė, M. Burinskienė, and M. Trepanier, "Evaluation criteria of smart city mobility system using MCDM method," *Balt. J. road Bridg. Eng.*, vol. 15, no. 4, pp. 196–224, 2020. doi:10.7250/bjrbe.2020-15.501.
- [26] S. Yapıcı, N. Oral, R. Yumuşak, ve T. Eren, "Sürdürülebilir yeşil kampüs için analitik ağ prosesi yöntemi ile yatırım alternatiflerinin değerlendirilmesi," *Kent Akademisi*, cilt 14, sayı 3, ss. 777-788, 2021. doi:10.35674/kent.959000.
- [27] E. Özcan, R. Yumuşak, and T. Eren, "A novel approach to optimize the maintenance strategies: a case in the hydroelectric power plant," *Ekspluat. i Niezawodn. Reliab.*, vol. 23, no. 2, pp. 324–337, 2021. doi:10.17531/ein.2021.2.12.
- [28] E. C. Özcan, T. Danişan, R. Yumuşak, and T. Eren, "An artificial neural network model supported with multi criteria decision making approaches for maintenance planning in hydroelectric power plants," *Ekspluat. i Niezawodn. Reliab.*, vol. 21, no. 3, pp. 400–418, 2020. doi:10.17531/ein.2020.3.3.
- [29] M. Hamurcu and T. Eren, "Strategic planning based on sustainability for urban transportation: an application to decision-making," *Sustainability*, vol. 12, no. 9, p. 3589, 2020. doi:10.3390/su12093589.
- [30] E. Özcan, R. Yumuşak, and T. Eren, "Risk based maintenance in the hydroelectric power plants," *Energies*, vol. 12, no. 8, p. 1502, 2019. doi:10.3390/en12081502.
- [31] S. Yapıcı, N. Oral, R. Yumuşak ve T. Eren, "Blokzinciri teknolojisi ile merkezi ve dağıtık veri tabanının karşılaştırılması," *Endüstri Mühendisliği*, cilt 32, sayı 3, ss. 457-472, 2021.
- [32] S. Yapıcı, R. Yumuşak ve T. Eren, "Çok kriterli karar verme yöntemleri ile medikal depo yeri seçimi" *Trakya Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, cilt 9, sayı 2, ss. 203-221, 2020.
- [33] N. Oral, R. Yumuşak ve T. Eren, "AHP ve ANP yöntemleri kullanılarak tehlikeli madde depo yeri seçimi: Kırıkkale ilinde bir uygulama," *Niğde Ömer Halisdemir Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, cilt 10, sayı 1, ss. 115-124, 2021. doi:10.28948/ngumuh.744734.

- [34] R. Yumuşak, E.C. Özcan, T. Danişan ve T. Eren, "AHP-TOPSIS-tam sayılı programlama entegrasyonu ile hidroelektrik santrallarda bakım strateji optimizasyonu," *Uluslararası GAP Yenilenebilir Enerji ve Enerji Verimliliği Kongresi*, Şanlıurfa, 10-12 Mayıs 2018, ss. 80-84.
- [35] R. Yumuşak, E.C. Özcan, and T. Eren, "Maintenance strategy optimization with Analytical Hierarchy Process and Integer Programming combination," in *International Conference on Data Science, Machine Learning and Statistics – 2019*, Van, 26-28 June, 2019.
- [36] T. L. Saaty, "Axiomatic foundation of the analytic hierarchy process," *Manage. Sci.*, vol. 32, no. 7, pp. 841–855, 1986. doi:10.1287/mnsc.32.7.841.
- [37] T. L. Saaty, "Fundamentals of the analytic network process," in *Proceedings of the 5th international symposium on the analytic hierarchy process*, Kobe, Japan, 1999, pp. 12–14.
- [38] K. N. Singh, S. Kushwaha, and F. Hamid, "Analytic Network Process–A review of application areas," In *The 1st IEEE International Conference on Logistics Operations Management, Le Havre, France, 2012*, pp. 17–19.
- [39] M. Dağdeviren, N. Dönmez ve K. Mustafa, "Bir işletmede tedarikçi değerlendirme süreci için yeni bir model tasarımı ve uygulaması," *Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimar. Fakültesi Dergisi*, cilt 21, sayı 2, ss. 247–255, 2006.
- [40] E. C. Özcan, N. A. Özcan ve E. Tamer, "CSP teknolojisine sahip güneş enerjisi santrallerinin kombine ANP-PROMETHEE yaklaşımı ile seçimi," *Başkent Üniversitesi Ticari Bilim. Fakültesi Dergisi*, cilt 1, sayı 1, ss. 18–44, 2017.
- [41] G. Tolga, "PROMETHEE yöntemi ve GAIA düzlemi," *Afyon Kocatepe Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilim. Fakültesi Dergisi*, cilt 15, sayı 1, ss. 133–154, 2013.
- [42] M. Dağdeviren ve E. Erarslan, "PROMETHEE sıralama yöntemi ile tedarikçi seçimi," *Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimar. Fakültesi Dergisi*, cilt 23, sayı 1, 2008.
- [43] N. Oral, S. Yapıcı, R. Yumuşak ve T. Eren, "Pandemi sürecinde sürdürülebilir tedarik zinciri yönetimi için ilaç deposu ve aşı dağıtım merkezi yeri seçimi," *Politek. Dergisi*, (basımda), 2021. doi:10.35674/kent.959000
- [44] E.E. Karsak, S. Sozer, S.E. and Alptekin, (2002), "Product planning in quality function deployment using a combined Analytic Network Process and Goal Programming approach", *Computers & Industrial Engineering*, vol. 44, no. 1, pp. 171-190, 2002. doi:10.1016/S0360-8352(02)00191-2

This is an open access article under the CC-BY license

